Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 115 (1997)
Heft: 22

Artikel: Wohnsiedlung nach ökologischen Gesichtspunkten
Autor: Humm, Othmar
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-79249

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Dimensionierung solcher Erdregister keine einfachen und zugleich genauen Auslegungshilfsmittel. Wenn die Wärme- und Kühlleistung genau berechnet werden muss, dann ist der Beizug eines Spezialisten zu empfehlen, der über entsprechende Kenntnisse verfügt. Bei einfacheren Anwendungen wie Wohnbauten genügt in der Regel eine Dimensionierung basierend auf Erfahrungswerten aus Messungen an bestehenden Anlagen.

Einsatzmöglichkeiten

Wenn eine Lüftungsanlage keine oder nur geringe Kühlaufgaben zu erfüllen hat, so ist eine gute Wärmerückgewinnung (Wirkungsgrad > 90%) mit einem knapp dimensionierten Erdregister zu kombinieren. Die Auslegung des Erdregisters kann dann so erfolgen, dass die Aussenluft immer auf mindestens -2 °C erwärmt wird. Somit muss dann die Leistung der Wärmerückgewinnung nie reduziert werden, um eine fortluftseitige Vereisung zu vermeiden.

Wird mit der Lüftung neben der Lufterneuerung auch eine Kühlung angestrebt, sollte das Erdregister grosszügig dimensioniert sein, dafür kann eine Wärmerückgewinnung mit tiefem Wirkungsgrad (z.B. 50-70%) eingesetzt werden. Bei solchen Anlagen wird die Wärmerückgewinnung im Sommer über einen Bypass umfahren.

Eine spezielle Art der Wärmerückgewinnung sind Abluftwärmepumpen, welche die zum Beispiel im Wohnbereich gewonnene Wärme zur Wassererwärmung nutzen. Erdregister in Kombination mit derartigen Abluftwärmepumpen sollten grosszügig dimensioniert werden.

Zusammenfassung

Das untersuchte Erdregister zeigte bei allen Messungen sowohl im Sommer- als auch im Winterbetrieb eine grosse Temperaturstabilität und Trägheit. Dies ist nicht selbstverständlich, da die Anlage infolge Hanglage kaum durch Grundwasser beeinflusst wird. Die Messungen lassen zudem erkennen, dass die metallische Konstruktion mit Wärmeleitlamellen sowie die Berücksichtigung strömungstechnischer Erkenntnisse erfolgreich ist.

Adresse der Verfasser:
Andreas Widmer, dipl. Masch.-Ing. HTL, Bühlstrasse 27, 3012 Bern (dieser Artikel wurde im Rahmen der Tätigkeit an der HTL Brugg-Windisch verfasst); *Heinrich Huber*, dipl. Ing. HTL/HLK, Antongasse 4, 6312 Steinhausen

Pilot- und Demonstrationsanlagen des Bundes und der Kantone
Othmar Humm, Zürich

Wohnsiedlung nach ökologischen Gesichtspunkten

Chienbergreben, eine Siedlung mit 17 Wohneinheiten, verbindet eine energetisch und ökologisch orientierte Bauweise mit hohem Wohnkomfort. Im Vergleich zu konventionellen Bauten verbraucht die Überbauung weniger als die Hälfte an Energie, die zudem aus umliegenden Wäldern stammt. Verbesserte Wärmedämmung, Holzschnitzelfeuerung, mechanische Lufterneuerung und Regenwassernutzung heissen die Stichworte dazu.

Die Siedlung Chienbergreben liegt an einem Südhang nördlich von Gelterkinden auf einem Grundstück von 4539 m² und 440 m über Meer; sie umfasst insgesamt 17 Wohneinheiten, nämlich acht Doppeleinfamilienhäuser - in vier Gebäuden - und neun Wohnungen in drei Mehrfamilienhäusern. Die sieben Bauten bilden einen Innenhof, einen halböffentlichen, von aussen kaum einsehbaren Raum. Das Gefälle des Terrains von 18% ermöglicht einen Höhenunterschied zwischen der südlichen und der nördlichen Hauszeile von rund 5 m, was etwa anderthalb Geschossen entspricht. Keller und Dachgeschoss eingerechnet, sind die Wohnhäuser durchwegs viergeschossig.

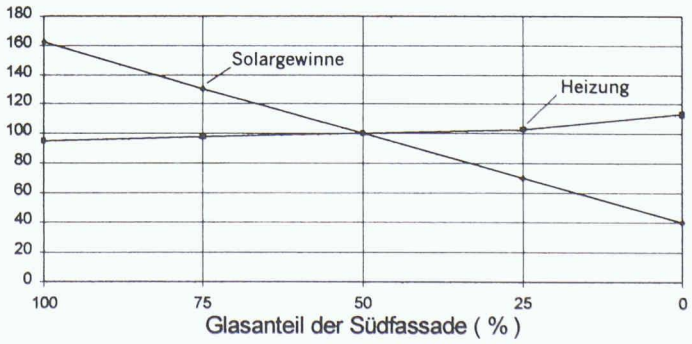
Aussen leicht, innen schwer

Leichte Holzschalen in Rahmenbauweise, kombiniert mit 18-cm-Betondecken, stehen auf ebenfalls betonierten Kellergeschossen: Chienbergreben ist eine typische Mischbauweise, ein Kompromiss zwischen dem Aufwand an grauer Energie - zur Herstellung der Materialien - und der wünschbaren Speichermasse für guten Wohnkomfort und zur passiven Nutzung von Solarenergie. Dächer und Aussenwände sind einheitlich mit 26 cm Mineralwolle gedämmt, was einen k-Wert von 0,15 W/m² K ermöglicht. Noch vor einigen Jahren hätte man Chienbergreben als Sonnensiedlung bezeichnet. Der Begriff ist - zumindest was die Energiebilanz anbelangt - missverständlich. Denn der relevante Beitrag zum niedrigen Energiebedarf stammt aus der Reduzierung der Transmissionswärmeverluste und nicht von der Sonne. Die Südfenster von Chienbergreben sind energieneutral, die Verluste sind - über die ganze Heizperiode gerechnet - gleich gross wie die (nutzbaren) Strahlungsgewinne. Die Veränderung der Südfensterfläche ist also nur insofern von Belang, als mit sinkender Fensterfläche die

1
Gebäudedaten von «Chienbergreben»

Beheizte Kubatur (netto)	5 830 m³
Kubatur nach SIA	10 728 m³
Energiebezugsfläche (EBF)	2902 m²
Gebäudehüllfläche (A)	
▪ effektiv	5 013 m²
▪ bewertet	4 385 m²
Gebäudehüllenziffer (A/EFB)	1,51

2
Heizenergiebedarf (%) in Abhängigkeit des Glasanteiles in der Südfassade (%). Quelle: [1]



Fünf Merkmale von Chienbergreben

- Verbesserte Wärmedämmung
- Holzschnitzelheizung mit Rauchgas-WRG
- Regenwassernutzung
- Mechanische Lufterneuerung mit WRG
- Ökologisch orientierte Wahl von Konstruktionen

	Verbesserte Bauweise der Siedlung Chienbergreben	Bauweise gemäss Anforderungen des Kantons BL
Transmissionsverluste	165 MJ/m² a	316 MJ/m² a
▪ davon Fenster	90 MJ/m² a	136 MJ/m² a
▪ davon opake Bauteile	75 MJ/m² a	180 MJ/m² a
Wärmebedarf für Lüftung	74 MJ/m² a	74 MJ/m² a
Nutzbare freie Wärme aus		
▪ Sonnenstrahlung	79 MJ/m² a	86 MJ/m² a
▪ Abwärme Personen	12 MJ/m² a	12 MJ/m² a
▪ Abwärme Elektrizität	28 MJ/m² a	28 MJ/m² a
Heizenergiebedarf (SIA 380/1)	120 MJ/m² a	264 MJ/m² a
Verhältnis	45 %	100 %
Nutzungsgrad der Holzheizung	0,85	0,85
Energiekennzahl Heizung	141 MJ/m² a	310 MJ/m² a
Häuser mit systematischer Lufterneuerung und Wärmerückgewinnung	84 MJ/m² a	264 MJ/m² a
Verhältnis	32 %	100 %
Energiekennzahl Heizung	99 MJ/m² a	310 MJ/m² a

3
Eckwerte zur Berechnung des Heizenergiebedarfes nach SIA 380/1 und der Energiekennzahl Heizung. Annahmen: Raumtemperatur 20°C; Temperatur der Heizgrenze 12°C; Aussenluftwechsel: 0,4/h; Energiebedarf für Warmwasser 3000 MJ/P a (Standardnutzung nach SIA); Personenbelegung 50 m²/P; Elektrizitätsverbrauch 80 MJ/m² a; 3348 Heizgrad- und 214 Heiztage

opake Aussenwandfläche wächst. Aber diese opaken Flächen sind bei Niedrigenergiehäusern mit äusserst geringen Verlusten behaftet! Eine Variation des Fensteranteiles an der Südfassade zwischen 25 und 75% verändert den Heizenergiebedarf lediglich um einige Prozente (Bild 2), [1] [2]. Noch deutlicher wird dies, wenn alle Fenster - mit einem Negativsaldo von 11 MJ/m² EBF - in die Betrachtung einbezogen werden. Mit diesem Baustandard kann der Fensteranteil in einem weiten Bereich ohne Einfluss auf den Heizenergiebedarf verändert werden. Das Postulat zur Reduzierung der Transmissionswärmeverluste gilt allerdings auch für Fenster: Das eingesetzte Produkt mit einem Gesamt-k-Wert von 1,2 W/m² K verliert einen Drittel weniger Wärme als übliche Fenster (k-Wert 1,8 W/m² K, Bild 3). Chienbergreben ist diesbezüglich keineswegs ein Einzelfall; mit gebührender Sorgfalt kann die Aussage auf viele Bauten der Niedrigenergie-Klasse übertragen werden.

Vergleich mit Baustandards

Messungen in einem Doppeleinfamilienhaus lassen den Schluss zu, dass der Energieverbrauch unter den prognostizierten Werten (Bild 3) liegt. Im Januar 1997 bezog das Haus mit einer EBF von 180 m² 1500 kWh, im Februar 950 kWh, im März 217 kWh und im April keine Heizenergie (Stufe Nutzenergie). Im Vergleich zum Absenkpfad SIA [3] schneidet Chienbergreben sehr gut ab: Alle Bauten liegen unter den empfohlenen Werten für die Energiekennzahl Heizung von 220 MJ/m²a (Neubauten im Jahre 2000). Den Minergie-Standard [4] dagegen erreichen nicht einmal die mechanisch belüfteten Bauten.

Heat hunting

Zwei der 17 Wohneinheiten sind mechanisch belüftet. Das in den beiden Einfamilienhäusern im Dachgeschoss eingesetzte Lüftungsaggregat muss man sich als einen 1,5 m langen und nur 50 cm hohen Kasten vorstellen, in dem beidseitig des 1 m langen Wärmetauschers die Filter und die insgesamt vier Luftanschlüsse mit einem Nenndurchmesser von 16 cm installiert sind. Die Kastenmasse weisen auf die Besonderheit des niederländischen Fabrikates hin: Im Gerät ist ein «zusammengedrückter» Kreuzstromwärmetauscher eingebaut, der im Gegenstrom betrieben wird. Die Konstruktion ermöglicht eine lange Wärmetauscherstrecke und eine durchaus beachtliche WRG-Rate von 75%. (WRG: Wärmerückgewinnung. Aus der Optik traditioneller Lüftungstechnik ist der Wärmetauscher überdimensioniert, was naturgemäss den WRG-Effekt verbessert.) Beim Heat Hunter arbeiten beide Ventilatoren nach dem Tauscher - die Abwärme des Abluftmotors geht also verloren. Der verständliche Wunsch der Planer, den Abluftventilator vor den Wärmetauscher zu setzen, wird von Lüftungsfachleuten mit dem Hinweis auf unerwünschte Druckunterschiede abgeschlagen.

Das Gerät ist mit einem Kondenswasserabfluss, die Motoren mit einem Überlastschutz und der Zuluftventilator mit einem Vereisungsschutz ausgerüstet. Letzteres ist durchaus dienlich, denn die Aussenluft gelangt - im Gegensatz zu anderen Niedrigenergiehäusern - durch das Dach direkt auf das Aggregat, also ohne irgendwelche Vorwärmung. Die Luftleistung beträgt freiblasend, je nach Stufe, 100 m³, 200 m³ oder 300 m³ pro Stunde. Dafür müssen insgesamt, also für Zu- und Abluft, 70 W, 120 W oder 230 W aufgewendet werden. Eingebaut strömen auf der dritten und höchsten Stufe rund 190 m³/h durch das Gerät.

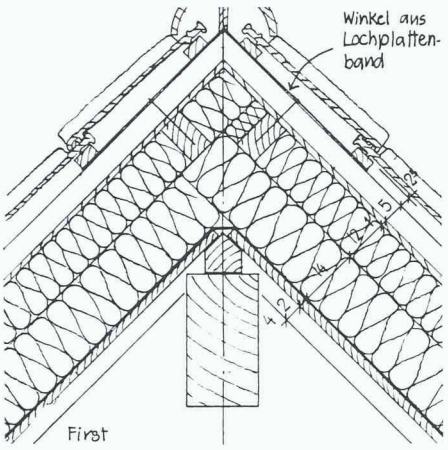
Über Öffnungen in Bad, Dusche und WC strömt die belastete Raumluft ins Lüftungsgerät und von da nach aussen. Die Zuluftöffnungen befinden sich in allen Wohn- und Schlafräumen. Als Luftkanäle sind starre Stahlblechrohre - sogenannte Spiro-Rohre - mit einem Innendurchmesser von 10 cm in die Betondecken eingelassen bzw. in den Installationsschacht eingehängt.

Holzschnitzelfeuerung

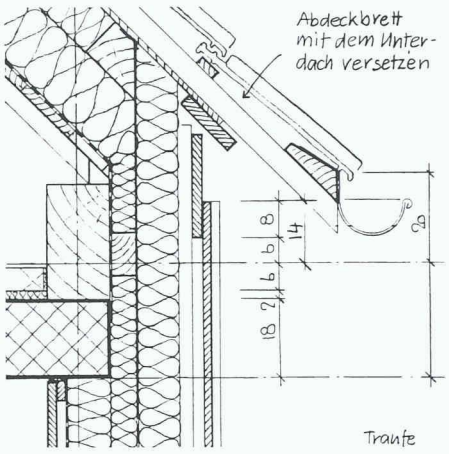
Chienbergreben wird mit grünen Holzschnitzeln beheizt. Jährlich sind dazu rund 260 m³ naturbelassene Schnitzel notwendig, die zu rund 192 MWh Heizwärme konvertiert werden. Der mittlere Heizwert beträgt 920 kWh/m³, die Feuerungsleistung des Heizaggregates 85 kW, der (vom Lufthygiene-Amt beider Basel gemessene) Wir-

Konstruktion	1	2	3	4	5	6	7
Wärmedurchlass k-Wert in W/m² K	0,19	0,24	0,2	0,33	0,15	0,16	0,12
Wärmespeicherfähigkeit in Wh/m² K	74	74	4	74	6	9	16
Luftbelastung in 1000 m³/m² a	336	319	414	530	182	159	861
Graue Energie (kWh/m² a)	1,6	1,6	2,6	2,3	1,3	1,6	8,4
für ein Haus (kWh/a)	189	182	300	269	150	187	971

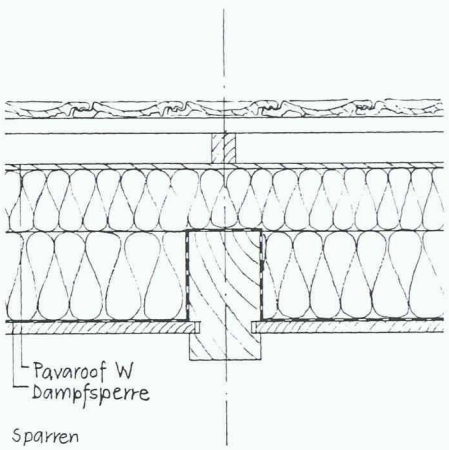
4
Bauphysikalische und energetische Kennwerte von 7 Aussenwandkonstruktionen. Realisiert wurde die Konstruktion 5. Alle Angaben beziehen sich auf 1 m² Bauteilfläche. Quelle: [4]



5
First mit mächtiger Firstpfette und den quer zu den Sparren liegenden, schlanken Sparrenpfetten



6
Traufe, mit Fusspfette, Betondecke und traufseitiger, keilförmiger Sparrenpfette



7
Sparren, mit Nuten zur Aufnahme der raumseitigen Verschalung

kungsgrad 94% und der (veranschlagte) Nutzungsgrad 0,85. Die Feuerung speist ein 190 m langes Nahwärmenetz, das - zur Minimierung der Erdarbeiten und zur Nutzung von Netzverlusten - von Haus zu Haus verläuft. Die Vorlauftemperatur variiert je nach Aussentemperatur zwischen 60 und 80° C. Damit ist während der Heizsaison die Wassererwärmung in den Einfamilienhäusern ohne Nachheizung gewährleistet. Die Heizwärme wird über Niedertemperatur-Heizwände an die Räume abgegeben. In den Mehrfamilienhäusern wird das Heizwasser in der Übergabestation auf eine Temperatur zwischen 40 und 60° C gemischt, so dass in Zeiten geringen Heizbedarfes die dezentralen Warmwasserbehälter von der Zentralheizung lediglich vorgewärmt werden; die Nachheizung während der Heizperiode und zur Gänze ausserhalb erfolgt elektrisch und für jeden Behälter separat. Wie Heizkörper sind die Register der Wassererwärmer an den Heizkreis angeschlossen.

Ausserhalb der Heizsaison erwärmen in den Einfamilienhäusern dezentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen das Wasser («Wärmepumpenboiler»). Wärmespeicher oder automatische Selbstzündungen sind für Holzheizungen dieser Leistungsklasse im Kanton Baselland vorgeschrieben, um einen intermittierenden Betrieb zu ermöglichen. Beides ist in dieser Heizzentrale vorhanden. Der Wasserspeicher fasst 3,5 m^3. Vier Betriebsweisen garantieren ein gutes Teillastverhalten des Heizkessels: Feuerungsbetrieb mit Leistungen zwischen 30 und 100% der Nennleistung, «warme» Bereitschaftsstellung mit Erhalt des Glutbettes während fünf Stunden ohne Wärmebedarf, «kalter» Stand-by der automatischen Selbstzündung und schliesslich Aus (ausserhalb der Heizsaison).

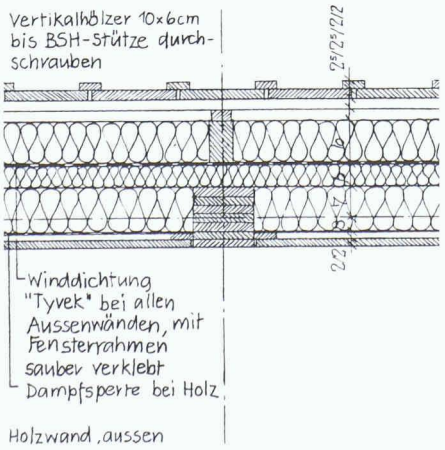
Die Heizung ist mit einer Rauchgas-WRG ausgerüstet; die Bauherrschaft erhofft sich eine um 10% verbesserte Brennstoffnutzung. Sozusagen als Bypass zum Rauchgasrohr ist der WRG-Wärmetauscher installiert, der abhängig von den Temperaturverhältnissen vom Rauchgas durchströmt wird. Um Kondensation zu verhindern, darf die Temperatur an der Rohrmündung nicht unter 90° C fallen.

Graue Energie

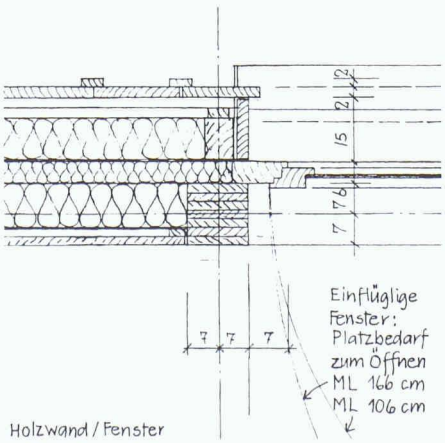
Der Energieingenieur bewertete im Auftrag der Bauherrschaft insgesamt 30 Konstruktionen nach ökologischen Gesichtspunkten. Grundlage bildete die Dokumention SIA D 0123 [5]. Sieben Bewertungen beziehen sich auf Aussenwandvarianten, die - unabhängig vom Aufbau - eine einheitliche Bautiefe von 37 cm und durchwegs Mineralwolle als Dämmstoff, aber in unterschiedlicher Dämmstärke, aufweisen. (Entsprechend variieren die bauphysikalischen Grössen.)

Konstruktion 1: Kompaktfassade mit tragender Innenschale aus Kalksandstein, Aussendämmung, Verputz;

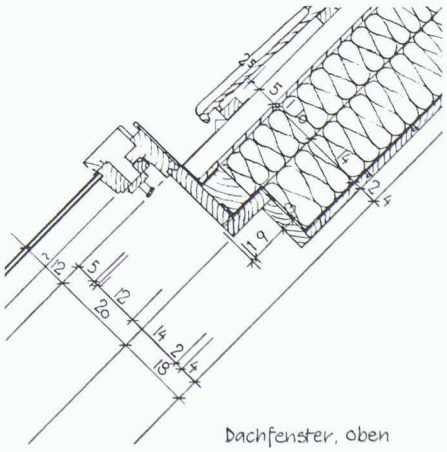
8
Aussenwand, mit Pfosten (14 cm × 14 cm) aus Brettschichtholz (BSH). Zwischen den äusseren Vertikalhölzern (10 cm × 6 cm) und den Pfosten sind Horizontal-Riegel (6 cm × 6 cm) in die mittlere Wärmedämmschicht eingebaut

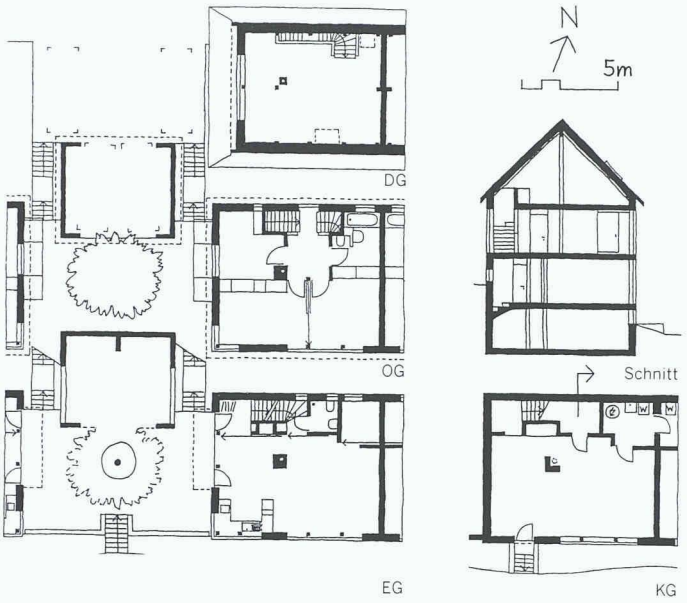


9
Fensteranschlag: Das Windpapier lässt sich – ohne Knickstellen – über den Blendrahmen ziehen



10
Nach wie vor eine Wärmebrücke im Niedrigenergiehaus: Anschlag des Dachfensters an die Dachkonstruktion (Konstruktionszeichnungen: Ueli Schäfer, Binz)





11
Beispiel Einfamilienhaus: Grundrisse, Schnitt

Konstruktion 2: Hinterlüftete Fassade mit tragender Innenschale aus Kalksandstein, Aussendämmung, Holzschild;

Konstruktion 3: Innendämmung mit tragender Aussenschale aus Backstein, Verputz;

Konstruktion 4: Zweischalen-Mauerwerk, Zwischendämmung;

Konstruktion 5: Leichter Holzbau mit Holzständern, Zwischen- und Aussendämmung, aussen verschalt;

Konstruktion 6: Leichter Holzbau mit Betonständern, Zwischen- und Aussendämmung, aussen verschalt;

Konstruktion 7: PU-Sandwich mit beidseitiger Beplankung aus Blech.

Als Bewertungskriterien dienten die Luftbelastung und die graue Energie. Die Resultate sind als Richtwerte zu betrachten; die Unschärfe ist beträchtlich, selbst wenn die Berechnungen auf verlässlichen Quellen basieren. Die leichten Konstruktionen weisen die geringste Luftbelastungen aus, wobei die Konstruktion 6 noch besser abschneidet als die (gewählte) Konstruktion 5. Was die graue Energie anbelangt, liegt diese leichte Holzwand mit Mineralwolle - die Konstruktion 5 - an der Spitze.

Regenwassernutzung

13 der 17 Wohneinheiten nutzen Regenwasser zur Spülung der WC; die Siedlung ist mit 5 Anlagen ausgerüstet, wobei jeweils eine Anlage ein Gebäude - zwei Doppeleinfamilienhäuser oder und ein Mehrfamilienhaus - versorgt. 1007 mm beträgt das langjährige Mittel des Niederschlages in Gelterkinden - je m^2 rund 1 m^3 Meteorwasser. Bei einer nutzbaren Dachfläche auf einem Doppelhaus von 153 m^2, eingeschlossen die beiden Nebengebäude, und einem «Dachfaktor» von 0,7 stehen jährlich 105 m^3 Regenwasser zur Verfügung. Die mit dem Faktor implizierten Verluste von 30% entstehen auf dem Dach und in den Rinnen, grösstenteils durch Verdunstung. Mit 5000 l, wovon 4200 l nutzbar sind, fasst der Behälter den Bedarf von zwei Häusern während 20 Tagen (6,5% des Jahresbedarfes). Über eine Pumpe mit einer elektrischen Leistung von 300 Watt gelangt das Wasser in das Membrangefäss und von dort in die Spülkästen der insgesamt vier WC-Anlagen (in zwei EFH). Die Kapazität des Membrangefässes reicht für drei Spülungen, die Pumpe geht also erst nach jedem dritten WC-Gang in Betrieb. Versorgt werden die Spülkästen über zwei Leitungen, für Trink- und für Regenwasser, die mit Schwimmerventilen ausgerüstet sind. (Die konsequente Trennung von Trink- und Regenwasserversorgung ist vorgeschrieben.) Die Trinkwasserzuleitung zu den Spülkästen ist bei ausreichendem Wasserstand im Regenwasserbehälter elektrisch verriegelt. Diese Nachspeisung mit Trinkwasser ist, was die Sanitärinstallationen betrifft, aufwendig. Kostengünstiger ist die in zwei Anlagen realisierte Variante, bei der das Trinkwasser bei Bedarf direkt in den Regenwasserbehälter fliesst.

Bedarf überschätzt

Auf der Nutzerseite haben sich die ursprünglichen Annahmen der Planung als falsch erwiesen: Mit einer Spülcharge von 9 l benötigen die vier Bewohner eines Einfamilienhauses für die täglich viermalige Benutzung des WC jährlich 52,5 m^3 Wasser - rund 105 m^3 je Doppelhaus. Tatsächlich eingebaut wurden Spülkästen mit 6 l Inhalt, die wahlweise lediglich zur Hälfte entleert werden. Mit der erwähnten Benutzerfrequenz, zuzüglich 1100 kleine Spülungen zu 3 l (2200 je Doppelhaus), ergibt sich ein rechnerischer Jahresbedarf von 76,65 m^3 Spülwasser - 9,6 m^3 je Person.

Die Investitionskosten beliefen sich, alles eingeschlossen, auf 8500 Fr. je Einfamilienhaus und auf 4500 Fr. pro Wohnung. Bei einer veranschlagten Nutzungszeit von 20 Jahren und einer Verzinsung von 5% ergeben sich jährliche Kapitalkosten von 680 Fr. Auf 75 Fr. belaufen sich die Kosten für den Filter und auf 6 Fr. die Stromkosten - immer je Einfamilienhaus. Unter Ausschluss der Reinigungskosten resultieren Jahreskosten von 760 Fr. oder rund 20 Fr. je m^3. Um rund 70 Fr. sinken die jährlichen Wasserzinsen (2 Fr. je m^3), die ARA-Gebühren erfahren keine Änderung. Fazit: Die Regenwassernutzung ist weit entfernt von jeder Wirtschaftlichkeit.

Am Bau Beteiligte

Unterstützung:
Bau- und Umweltschutzdirektion des Kantons Baselland, Liestal

Bauherrschaft:
Wohnbaugenossenschaft Chienbergreben, Gelterkinden

Architekt:
Ueli Schäfer, dipl. Architekt BSA/SIA, Binz

Bauleitung:
Bicher + Keller AG, Ingenieure + Architekten HTL/STV, Sissach

Energieingenieur:
Felix Jehle, dipl. Ingenieur, Gelterkinden

Heizungsplanung:
Planungsbüro Kurt Grether SWKI, Gelterkinden

Planung Regenwassernutzung:
Sanplan Ingenieure AG, Liestal

Adresse des Verfassers:
Othmar Humm, Fachjournalist Technik + Energie, 8050 Zürich

Literatur

[1]
Solar Low Energy Houses of IEA Task 13. Ein Beitrag der Forschungsstelle Solararchitektur, Institut für Hochbautechnik, ETH Zürich, im Rahmen der Internationalen Energie-Agentur, IEA.

[2]
Schäfer, U.: Energiesparhäuser - Bericht über eine Optimierung. In: Schweizer Ingenieur und Architekt Nr. 33/34, Zürich, 14. August 1995.

[3]
SIA, Fachkommission Energie: Absenkpfad SIA für die Energiekennzahl. Zusammen mit dem Ressort Wohnbauten von Energie 2000, Zürich, August 1996.

[4]
Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich: Minergie-Standard. Zürich 1996.

[5]
Dokumentation SIA D 0123 «Hochbaukonstruktionen nach ökologischen Gesichtspunkten». Von Intep AG und P. Steiger, Zürich 1995.